

PATENT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application : ALAIN PYRE, ET AL.  
Application No. :  
Filed : Herewith  
For : WRENCH WITH CONTROLLED TIGHTENING  
Attorney's Docket : BDL-454XX

TC Art Unit:

\*\*\*\*\*  
I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service as first class mail in an envelope addressed to: Mail Stop Patent Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450 on \_\_\_\_\_.

By \_\_\_\_\_

Charles L. Gagnebin III  
Registration No. 25,467  
Attorney for Applicant(s)

\*\*\*\*\*

PRIORITY CLAIM UNDER RULE 55

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

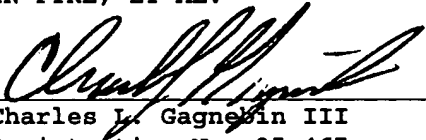
Sir:

The benefit of the filing date in France of a patent application corresponding to the above-identified application is hereby claimed under Rule 55 and 35 U.S.C. 119 in accordance with the Paris Convention for the Protection of Industrial Property. This benefit is claimed based upon a corresponding French patent application bearing serial no. 03 03695 filed March 26, 2003; a certified copy of which is attached hereto.

Respectfully submitted,

ALAIN PYRE, ET AL.

By \_\_\_\_\_

  
Charles L. Gagnebin III  
Registration No. 25,467  
Attorney for Applicant(s)

WEINGARTEN, SCHURGIN,  
GAGNEBIN & LEBOVICI LLP  
Ten Post Office Square  
Boston, Massachusetts 02109  
Telephone: (617) 542-2290  
Telecopier: (617) 451-0313

Date: 3-22-4

CLG/mc/303647-1  
Enclosure

Express Mail Number

EV 044751683 US

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



# BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

### COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 25 FEV. 2004

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'M+Planché', enclosed within a large, loopy oval stroke.

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
[www.inpi.fr](http://www.inpi.fr)

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**  
**page 1/2**



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 300301

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE <b>26 MARS 2003</b> LIEU <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT <b>0303695</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE <b>26 MARS 2003</b> PAR L'INPI		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  <b>CABINET BEAU DE LOMENIE</b> <b>158, rue de l'Université</b> <b>75340 PARIS CEDEX 07</b>	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) <b>1H116850/659.JBT</b>			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b>		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i>		N° _____ Date _____ N° _____ Date _____	
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i>		<input type="checkbox"/> N° _____ Date _____	
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  Clé à serrage contrôlé			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ</b> <b>OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE</b> <b>LA DATE DE DÉPÔT D'UNE</b> <b>DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date _____ Pays ou organisation _____ N° _____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		SNECMA MOTEURS	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN		_____	
Code APE-NAF		_____	
Adresse	Rue	2, Boulevard du Général Martial Valin	
	Code postal et ville	75101 PARIS	
	Pays	FRANCE	
Nationalité		Française	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE LIEU <b>26 MARS 2003</b> <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI <b>0303695</b>		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 300301	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>			<b>1H116850/659.JBT</b>		
<b>6 MANDATAIRE</b>					
Nom					
Prénom					
Cabinet ou Société			<b>CABINET BEAU DE LOMENIE</b>		
N ° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse	Rue	<b>158, rue de l'Université</b>			
	Code postal et ville	<b>75 004 PARIS CEDEX 07</b>			
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		<b>01.44.18.89.00</b>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		<b>01.44.18.04.23</b>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>					
<b>7 INVENTEUR (S)</b>					
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>			
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>					
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> Établissement immédiat <input type="checkbox"/> Établissement différé			
Paiement échelonné de la redevance		<b>Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non			
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>					
<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention ( <i>joindre un avis de non-imposition</i> ) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt ( <i>joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence</i> ):					
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes					
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  Jean-Bruno THEVENET CPI N° 92-1236				<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  <b>L. MARIELLO</b>	

Titre de l'invention

Clé à serrage contrôlé.

5 Domaine de l'invention

La présente invention se rapporte au domaine du serrage contrôlé et plus particulièrement aux clés de serrage manuelles, telles que des clés dynamométriques, comprenant des moyens électriques ou électroniques  
10 de mesure et de traitement pour informer l'opérateur qu'une valeur de consigne est atteinte.

Arrière plan de l'invention

15 Le contrôle du serrage d'éléments de visserie peut être mis en œuvre avec différentes méthodes, à savoir en mesurant le couple, l'angle ou bien l'effort de serrage. La méthode la plus utilisée est le serrage au couple, en utilisant soit des clés à déclenchement, soit des clés électroniques. Le serrage à l'angle est très utilisé dans l'industrie  
20 automobile. Celui-ci peut être mis en œuvre avec une clé de serrage manuelle qui comprend des moyens de mesure de l'angle de serrage. Le serrage à l'effort n'est utilisé jusqu'ici que sur des liaisons très spécifiques. Par exemple, il existe des clés qui permettent de serrer à l'effort mais seulement jusqu'à la limite élastique. D'autres clés de serrage connues  
25 autorisent un serrage à l'effort dans un domaine plus étendu mais nécessitent alors d'effectuer le serrage en trois étapes successives (i.e. serrage jusqu'à une estimation du serrage visée, puis desserrage complet et enfin resserrage jusqu'à la valeur calculée), ce qui peut être préjudiciable à l'intégrité de la liaison. Dans ces applications, le serrage est

contrôlé au moyen de systèmes de mesures par ultrasons ou de tendeurs hydrauliques.

Le serrage au couple a l'avantage d'être simple à utiliser. En revanche, il présente un inconvénient majeur : pour un couple de serrage donné, l'effort sur la visserie varie fortement, suite à l'importante dispersion du coefficient de frottement. Ceci est illustré schématiquement sur la figure 9. Sur cette figure on constate que pour un couple de consigne donné  $C_{\text{appliqué}}$ , il résulte, en raison de la dispersion du coefficient apparent de frottement  $[f_{\min}, f_{\max}]$ , une dispersion  $[F_{\min}, F_{\max}]$  de l'effort  $F$  de traction sur la visserie et, par conséquent, de la déformation mécanique.

Pour des lubrifications à base de Téflon® par exemple, comme celles utilisées sur les moteurs cryotechniques, l'expérience a conduit à prendre en compte une dispersion de l'ordre de 300 % sur ce coefficient lors du dimensionnement des liaisons vissées. L'importance de cette dispersion est à l'origine de nombreuses difficultés, voire impossibilités, de dimensionnement du couple de consigne. En effet, en conception et pour un serrage au couple, il faut prendre en compte les bornes extrêmes du domaine de variation du coefficient de frottement: les faibles coefficients conditionnent la tenue mécanique de l'assemblage, tandis que les coefficients les plus élevés sont responsables de la qualité du serrage des liaisons (écrasement suffisant des joints, serrage suffisant des brides, etc...). Une telle situation n'est pas satisfaisante car elle conduit à un surdimensionnement des liaisons qui est préjudiciable tant du point de vue de la masse, qu'en ce qui concerne le comportement mécanique de la visserie dans le temps (fatigue, desserrage,...).

D'autre part, il faut tenir compte de la déformation mécanique de la visserie résultant de l'effort de traction qui lui est appliqué. En effet, lors d'une opération de serrage, on a initialement un régime de déformation élastique (i.e. réversible), où la déformation varie linéairement avec



l'effort, puis, si l'on poursuit le serrage, un régime de déformation plastique (i.e. irréversible), où la déformation varie de plus en plus rapidement avec la contrainte, pour finir à la rupture. De ce comportement il résulte qu'un serrage au couple, conduisant à un effort de traction très  
5 dispersé, doit être effectué de préférence dans le domaine des déformations élastiques de la visserie loin de la limite d'élasticité.

Il existe actuellement des clés de serrage permettant un contrôle soit du couple de serrage seul, comme décrit dans le document US 3 710 874, soit simultanément du couple de serrage et de l'angle de rotation afin  
10 d'effectuer un serrage de visserie correspondant à une valeur visée pour le couple de serrage et/ou l'angle de rotation. Un tel dispositif est notamment décrit dans la demande de brevet européen EP 1 022 097. Il existe enfin des dispositifs de serrage dynamométriques avec des moyens de traitements élaborés qui permettent d'augmenter la précision du  
15 serrage. Un tel dispositif est notamment décrit dans la demande de brevet français FR 2 780 785. Cependant, avec ce type de dispositif, le contrôle du serrage ne peut être réalisé qu'avec une procédure de serrage spécifique comprenant des étapes intermédiaires de serrage et desserrage pour atteindre une valeur visée.

20 En résumé, aucun des dispositifs de serrage connus ne fait état d'une clé de serrage manuelle permettant de déterminer l'effort instantané de traction exercé sur la visserie, paramètre conditionnant la qualité du serrage et sa tenue dans le temps. D'autre part, il n'existe pas de dispositifs qui permettent de reprendre directement et sans risque un  
25 serrage interrompu.

#### Objet et résumé de l'invention

La présente invention vise à remédier aux inconvénients précités et  
30 à réaliser une clé de serrage qui évite le surdimensionnement des liaisons

à visser tout en permettant le serrage en une seule étape. L'invention vise également à réaliser une clé qui permet de reprendre sans difficulté un serrage interrompu avant d'avoir atteint la valeur visée.

Ces buts sont atteints grâce à une clé de serrage comprenant un  
5 - moyen de mesure instantané du couple appliqué, une tête apte à coopérer avec un élément de visserie, ladite tête étant équipée d'un moyen de mesure instantané de l'angle de rotation, et des moyens d'entrée pour enregistrer des caractéristiques de l'élément de visserie ainsi qu'une valeur  
10 de consigne pour le serrage, caractérisée en ce que la clé comprend en outre des moyens de traitement pour calculer l'effort de traction instantané sur l'élément de visserie en fonction des valeurs instantanées mesurées du couple et de l'angle ainsi que des caractéristiques de l'élément de visserie enregistrées.

Ainsi, l'effort de traction instantané est directement calculé pendant  
15 le serrage ce qui permet, soit de pouvoir directement effectuer un serrage contrôlé à l'effort, soit de disposer de la valeur de l'effort en fin de serrage. La qualité du serrage peut donc être contrôlée directement pendant le serrage ou dès la fin de ce dernier. Le surdimensionnement des liaisons peut être ainsi évité.

20 La clé de serrage de la présente invention permet également d'obtenir et de mémoriser un ensemble d'informations sur le coefficient de frottement apparent de la liaison, en particulier l'évolution de ce coefficient en fonction de la vitesse et du temps ainsi que la différence entre le coefficient de frottement statique et dynamique. L'accès à ce type  
25 d'informations relatives au coefficient de frottement permet de déceler d'éventuelles anomalies comme par exemple le grippage de la liaison si le coefficient de frottement détecté est trop important.

Les moyens de traitements calculent l'effort instantané en temps  
réel, ce qui permet d'effectuer le serrage de l'élément de visserie en une  
30 seule étape.

Selon une caractéristique de l'invention, les moyens de traitement comprennent des moyens logiciels pour calculer le coefficient de frottement instantané de l'élément de visserie ou pour reprendre un serrage interrompu avant l'atteinte de la valeur de consigne.

5        Selon une autre caractéristique de l'invention, les moyens de traitement comprennent des moyens logiciels pour détecter automatiquement, au cours de l'opération de serrage, le passage du domaine élastique au domaine plastique et pour calculer l'effort instantané de traction sur la visserie en fonction du résultat de la détection du  
10    domaine de serrage.

      Suivant un mode de réalisation de l'invention, le moyen de mesure instantané de l'angle de rotation comprend une douille apte à coopérer avec l'élément de visserie, un élément d'appui formé d'un matériau à faible coefficient de frottement pour ne pas perturber la mesure du couple  
15    de serrage et un ressort interposé entre la douille et l'élément d'appui. L'extrémité de l'élément d'appui destinée à être en contact avec l'élément de visserie est munie d'un matériau à fort coefficient de frottement, tel que du caoutchouc, pour que la partie de la douille servant à mesurer l'angle de rotation s'appuie sans tourner sur l'élément fileté de visserie à  
20    serrer.

      La clé peut comprendre en outre des moyens de stockage et un dispositif d'affichage pour mémoriser et indiquer des informations relatives au serrage telles que les valeurs du couple et de l'angle de rotation mesurées pendant le serrage, l'effort de traction calculé pendant le  
25    serrage, les coefficients de frottement statique et dynamique calculés pendant le serrage, ainsi que le domaine du serrage.

      La valeur de consigne peut correspondre à un effort de traction, à un couple, ou bien à un angle de serrage prédéterminé. Le dispositif comprend des moyens d'avertissement commandés par les moyens de

traitement lorsque la valeur calculée ou mesurée atteint la valeur de consigne.

Selon l'invention, le moyen de mesure instantané du couple appliqué, les moyens d'entrée, les moyens de traitement et, le cas échéant, le dispositif d'affichage, sont disposés dans un manche relié à la tête de la clé pour permettre à un opérateur d'effectuer le serrage manuellement.

#### Brève description des dessins

10

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront de la description suivante de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, en référence aux dessins annexés, sur lesquels:

15 - la figure 1 est une vue schématique du circuit de contrôle de la clé de serrage conformément à un mode de réalisation de l'invention,

- la figure 2 est une vue en perspective et en coupe partielle d'un mode de réalisation de la clé selon l'invention utilisé pour le serrage d'une liaison type boulon,

20 - la figure 3 est une courbe montrant l'évolution de l'effort de traction  $F(t)$  en fonction du couple  $C(t)$  et de l'angle de rotation  $\theta(t)$  mesurés conformément à l'invention,

- la figure 4 est une courbe montrant l'allure théorique du coefficient de frottement  $f$  entre deux surfaces en contact en fonction de leur vitesse relative  $V$ ,

25 - la figure 5 est une courbe montrant l'évolution de l'effort de traction  $F(t)$  en fonction du couple  $C(t)$  et de l'angle de rotation  $\theta(t)$  mesurés en cas de serrage interrompu conformément à l'invention,

30 - la figure 6 est une vue en coupe d'un mode de réalisation de la clé selon l'invention utilisé pour le serrage d'une vis,

- la figure 7 est une vue en coupe partielle d'un mode de réalisation de la clé selon l'invention utilisé pour le serrage d'une liaison de type union,

5 - la figure 8 est une vue en coupe partielle d'un exemple de configuration de la clé selon l'invention utilisé pour le serrage d'une liaison de type raccord, et

- la figure 9 représente des courbes d'effort de traction  $F$  en fonction du couple de serrage  $C$ .

#### 10 Description détaillée d'un mode de réalisation

La méthode de contrôle du serrage mise en œuvre dans la clé de la présente invention nécessite deux types de mesures, celle du couple de serrage appliqué et celle de l'angle de rotation du serrage.

15 La mesure du couple est effectuée de façon conventionnelle comme dans la plupart des clefs dynamométriques du commerce, c'est-à-dire par extensométrie à l'aide de signaux issus de jauges de contrainte.

La mesure de l'angle de rotation est effectuée, électriquement ou électroniquement, à l'aide de deux surfaces cylindriques concentriques de la liaison. Le dispositif de mesure utilisé doit générer un faible coefficient de frottement entre les parties mobiles pour ne pas affecter significativement le couple de serrage pris en compte dans les calculs. Un tel dispositif peut être par exemple un système à billes, ou bien tubes ou barres constitués de matériaux à faibles coefficients de frottement, tels  
20 que le Téflon®. Ce dernier type de dispositif de mesure de l'angle de rotation sera décrit plus en détail dans la suite de la présente description.

La figure 1 est un schéma fonctionnel qui illustre schématiquement le système mis en œuvre dans la clé de serrage de la présente invention. La clé comprend tout d'abord des moyens de traitement programmables, tel qu'un microprocesseur ou calculateur 1, pour réaliser les calculs  
30

nécessaires au contrôle du serrage selon l'invention. Le microprocesseur a également pour fonction la gestion des entrées et sorties du système pour permettre à un opérateur de contrôler le serrage. A cet effet, le microprocesseur 1 reçoit en entrée une valeur instantanée  $C(t)$  du couple de serrage issue d'un dispositif de mesure du couple 2 et une valeur instantanée  $\theta(t)$  de l'angle de rotation donnée par un dispositif de mesure de l'angle 3. Le microprocesseur 1 est également relié à un moyen d'entrée de données, tel qu'un clavier 4, pour permettre à l'opérateur d'indiquer les valeurs de consigne (i.e. effort, couple, angle) qu'il souhaite atteindre ainsi que les paramètres physiques de la liaison à serrer qui seront utilisées dans les calculs.

Afin d'avertir l'opérateur que la valeur de consigne est atteinte, le système peut comprendre un avertisseur sonore 7 et/ou un avertisseur lumineux, tel qu'une diode électroluminescente 6, qui sont activés par un signal d'avertissement  $S_{avertissement}$  envoyé par le microprocesseur. Le système comprend en outre un dispositif d'affichage 5, relié au microprocesseur, pour afficher les différentes données à entrer par l'opérateur ainsi que toutes les données disponibles en fin de serrage sous forme numérique ou graphique.

La méthode de contrôle de serrage objet de l'invention met en œuvre un traitement mathématique, effectué par le microprocesseur, qui est décrit ci-après.

Par souci de simplification, on considère le cas particulier du serrage de boulons. Cette procédure est néanmoins généralisable à d'autres types de liaisons vissées comme des vis, bouchons, unions ou raccords, comme il sera précisé plus loin.

La figure 2 illustre une opération d'assemblage de deux pièces 130 et 131 par serrage d'une liaison 120 de type boulon comprenant une vis 121 et un écrou 122. Les pièces qui sont en rotation lors du serrage sont représentées en traits pleins alors que les pièces fixes sont représentées

en traits discontinus. Pour serrer la liaison 120, on utilise une clé de serrage 100 qui comprend une tête 101 disposée à l'extrémité d'un manche 102. Le microprocesseur 1, le clavier 4 ainsi que le dispositif d'affichage 5 peuvent être compris dans le manche 102 ou bien être  
5 déportés de la clé en étant connectés à cette dernière via une liaison série par exemple.

La vis 121 comprend une partie filetée 121A reliée à une tête 121B qui est maintenue en position par une contre-clé 104. L'assemblage des pièces 130 et 131 est alors réalisé par serrage de l'écrou 122 au moyen de  
10 la clé 100. La clé 100 comprend un moyen de mesure (non représenté) du couple de serrage appliqué, comme par exemple des jauges de contraintes, qui délivre un signal électrique proportionnel au couple appliqué.

Dans ce mode de réalisation, l'angle de rotation est mesuré par un  
15 dispositif de mesure 110 qui comprend une douille de serrage 112 coopérant avec l'écrou 122. Le dispositif de mesure 110 mesure la rotation différentielle entre la douille 112 et la vis 121. A cet effet, le dispositif de mesure 110 comprend une barre 111 en Téflon® interposée entre la vis 121 et un ressort 113 en appui sur la douille 102. Une pastille  
20 antidérapante 114 est interposée entre la surface de contact de la vis et la barre 111 pour que la partie de la douille servant à mesurer l'angle de rotation s'appuie sans tourner sur la vis à serrer. Le ressort sert à appliquer un effort normal suffisant sur la pastille antidérapante pour éviter que celle-ci tourne. La mesure de l'angle de rotation peut être faite  
25 selon plusieurs techniques conventionnelles telles qu'une mesure mécanique (ex. ressort spirale), électrique (ex. type rhéostat), optique ou magnétique.

Dans le cas de boulons sollicités dans le domaine des déformations élastiques, l'effort de traction instantané  $F(t)$  peut être calculé à l'aide de  
30 la relation (1) suivante :



$$F(t) = K.x(t) = \frac{E.A}{L} \cdot \frac{\theta(t).p}{360^\circ} \quad (1)$$

avec :  $x(t)$  : allongement instantané du tronçon de visserie étiré

K : raideur du tronçon de visserie étiré

E : module d'Young de la visserie

5 A : section droite du tronçon de visserie étiré

L : longueur du tronçon de visserie étiré

p : pas du filetage

Les valeurs E, A, L et p sont saisies par l'opérateur au moyen du  
10 clavier. 4. L'angle de rotation  $\theta(t)$  est mesuré par le dispositif de mesure 3 de la clé.

En cours de serrage, on calcule le coefficient de frottement instantané  $f(t)$  de la visserie à l'aide de la relation (2) ci-dessous:

$$C(t) = \int_{t'=0}^{t'=t} \left[ f(t') \cdot \frac{D_t}{2} + \frac{d_2}{2} \cdot \frac{K' \operatorname{tg} \alpha + f(t') \cdot \cos(\alpha)}{K' - f(t') \cdot \sin \alpha} \right] dF(t') \quad (2)$$

15

$$\text{avec : } \begin{cases} d_2 = d + \frac{3}{8} \cdot \sqrt{3} \cdot p \\ \operatorname{tg} \alpha = \frac{p}{\pi \cdot d_2} \\ K' = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \end{cases}$$

20 et :  $D_t$  : diamètre équivalent de contact entre la rondelle et la tête de la vis

d : diamètre du filetage

$\alpha$  : angle d'hélice du filetage de la visserie

$d_2$  : diamètre théorique de contact entre filets (sur flanc de filets)

25  $\beta$  : demi-angle du filetage de la visserie ( $30^\circ$  pour filetage ISO M)



Pour le domaine élastique, le calcul de  $f(t)$  est possible car on connaît la valeur de l'effort  $F(t)$ , déduit de la relation (1) ci-dessus et celle du couple  $C(t)$  qui est mesurée directement.

5 Le comportement mécanique du serrage est représenté graphiquement sur la figure 3, donnant la variation de l'effort de traction en fonction du couple de serrage  $C(t)$  (courbe A) ou de l'angle de rotation  $\theta(t)$  (courbe B).

Dans le cas d'un serrage à l'effort, la procédure consiste à introduire, avant serrage, les valeurs des paramètres suivants :  $F_{consigne}$ ,  $p$ ,  
10  $E$ ,  $A$ ,  $L$ ,  $D_t$ ,  $d$ ,  $\alpha$ ,  $d_2$ ,  $\beta$ . Par conséquent, puisque l'effort instantané  $F(t)$  est calculé tout au long de l'opération de serrage, l'effort de serrage résultant sera précisément l'effort de consigne saisi par l'opérateur. Ainsi, les dispersions importantes sur l'effort de serrage qui existaient avec les clés de serrage au couple de l'art antérieur sont éliminées. Le  
15 surdimensionnement des liaisons n'est plus nécessaire puisqu'on garantit par avance l'effort de serrage obtenu.

De plus, grâce aux mesures simultanées du couple et de l'angle de serrage ainsi qu'au traitement mathématique décrit ci-dessus, l'effort instantané peut être calculé en temps réel ce qui permet de réaliser des  
20 serrage à l'effort en une seule étape.

La figure 3 montre comment est déterminé l'instant où est atteinte la valeur de consigne  $F_{consigne}$  pour l'effort de traction, selon que la liaison mécanique reste dans le domaine des déformations élastiques ou bien, au contraire, atteint le domaine des déformations plastiques.

25 Si la liaison reste dans le domaine des déformations élastiques, il suffit dans ce cas d'interrompre le serrage lorsque l'effort  $F(t)$ , calculé selon la relation (1) atteint la valeur de consigne  $F_{consigne}$ .

Si au contraire la liaison plastifie, les moyens de traitement détectent, en temps réel, le début de la plastification grâce à la diminution  
30 de la pente de la courbe B. Dès cet instant,  $F(t)$  cesse d'être déterminé à



partir de (1) qui n'est plus valable mais est calculé de la façon suivante. Lorsque la liaison commence à plastifier, on constate, comme indiqué sur la figure 4, qui montre l'allure théorique du coefficient de frottement entre deux surfaces en contact en fonction de leur vitesse relative  $V$ , que le

5 coefficient de frottement  $f(t)$  tend rapidement vers une valeur constante  $f_{\text{dynamique}}$ . Cette valeur peut être calculée approximativement au moyen de la relation (2), appliquée à la limite du domaine élastique, où la relation (1) est encore valable pour déterminer l'effort de traction instantané  $F(t)$ . Il suffit ensuite d'utiliser la relation (2), réduite dans ce cas à une simple

10 équation linéaire, avec la valeur constante trouvée pour  $f_{\text{dynamique}}$  pour déterminer  $F(t)$  et arrêter le serrage lorsque la valeur de consigne  $F_{\text{consigne}}$  est atteinte pour l'effort de traction.

Ainsi, le serrage à l'effort peut être réalisé aussi bien dans le domaine élastique que plastique et ceci en une seule étape. En effet, les

15 moyens de traitement sont programmés pour détecter en temps réel le passage du domaine élastique au domaine plastique et modifier en conséquence le calcul de l'effort comme décrit ci-dessus.

Après serrage, un certain nombre d'informations, données dans le tableau 1 ci-dessous sont disponibles. Elles sont affichées sur le dispositif

20 d'affichage 5.

25

30

Tableau 1:

Caractéristiques finales du serrage	$(C, \theta, F)_{\text{serrage}}$
Caractérisation du frottement	$f_{\text{statique}}$ et $f_{\text{dynamique}}$
Plastification de la visserie	<ul style="list-style-type: none"> <li>• serrage en domaine de déformations élastiques ou plastiques</li> <li>• dans le cas d'un serrage dans le domaine des déformations plastiques : <math>(C, \theta, F)_{\text{plastification}}</math></li> </ul>
Traçabilité du serrage	$C(t), \theta(t), F(t), f(t)$

La clé de serrage selon l'invention présente en outre l'avantage de pouvoir reprendre un serrage interrompu avant d'avoir atteint la valeur de consigne, contrairement au serrage conventionnel au couple (clé à déclenchement par exemple). En effet, dans le cas d'un serrage au couple avec une clé dynamométrique de l'art antérieur, si le serrage a été interrompu avant son terme, il n'est plus possible d'atteindre l'effort visé car, comme le montre la figure 4, lorsqu'on veut reprendre le serrage, le coefficient de frottement est nettement plus élevé qu'avant interruption. Il faut donc appliquer un couple de serrage supérieur à celui spécifié pour que l'effort dans l'élément fileté puisse croître à nouveau. Avec la clé de serrage selon l'invention, cette situation est automatiquement détectée et gérée grâce aux mesures instantanées effectuées sur le couple  $C(t)$  et l'angle de rotation  $\theta(t)$  d'une part, et aux paramètres, en particulier le coefficient de frottement, calculés selon les équations (1) et (2) d'autre part.

La figure 5 illustre un exemple de reprise de serrage interrompu avec la clé selon l'invention. Sur la figure, le point A indique le moment où le serrage est interrompu avant d'avoir atteint la valeur de consigne, c'est à dire à la valeur  $F_{arrêtinterm} < F_{consigne}$ . Les moyens de traitement de la clé

5 détectent que le serrage est interrompu car  $F_{arrêtinterm} < F_{consigne}$  alors que l'angle de rotation  $\theta(t)$  n'évolue plus. La valeur intermédiaire  $F_{arrêtinterm}$  est mémorisée. A cet instant, on peut retirer la douille et faire toute sorte d'opérations de contrôle sur l'équipement. Quand le serrage reprend, les moyens de traitement le détectent par l'information donnée par le couple

10  $C(t)$  qui évolue à nouveau. Les moyens de traitements décèlent le moment où l'angle de rotation  $\theta(t)$  recommence à croître et, dès que c'est le cas, calculent le coefficient de frottement  $f(t)$  dont l'évolution est représentée par les courbes en traits discontinus  $f_{statique}$  et  $f_{dynamique}$ . Ainsi, le serrage sera terminé lorsque la valeur de l'effort mesuré  $\Delta F(t)$ , ajouté à celle

15 mémorisée  $F_{arrêtinterm}$  lorsque le serrage a été interrompu, atteint la valeur de consigne, soit lorsque:

$$F_{arrêtinterm} + \Delta F(t) = F_{consigne}$$

Les courbes de la figure 5 montrent que, dans le cas d'un serrage interrompu, il faut donner plus de couple que dans le cas d'un serrage

20 continu. La procédure ci-dessus décrite permet de prendre en compte la réalité physique, à savoir que le coefficient de frottement peut différer après l'interruption du serrage (adaptation des états de surface).

L'utilisation de la clé de serrage de la présente invention n'est pas limitée au serrage de boulons. Par exemple, la clé peut être utilisée pour

25 le serrage de vis, bouchons, unions et raccords comme illustré dans les figures 6 à 8. Comme pour la figure 2, les pièces qui sont en rotation lors du serrage sont représentées en traits pleins alors que les pièces fixes sont représentées en traits discontinus.

La figure 6 illustre la configuration utilisée pour le serrage d'une vis

30 ou bouchon 221 afin d'assembler une première pièce 230 avec une

seconde pièce 231 taraudée pour recevoir la partie filetée 221A de la vis. Le serrage est effectué avec une clé 200 similaire à la clé 100 de la figure 2. L'angle de rotation est mesuré par un dispositif de mesure 210 qui comprend une douille de serrage 212 coopérant avec la tête 221B de la vis. Le dispositif de mesure 210 mesure la rotation différentielle entre la  
5 douille 212 et la première pièce 230 au moyen d'un ressort 213 disposé autour de la périphérie externe de la douille, un tube en Téflon® 211, muni d'un anneau antidérapant 214, étant interposé entre le ressort 213 et la surface supérieure de la première pièce 230.

10 La figure 7 montre le serrage d'un union 330 sur un élément d'implantation 331 avec interposition d'un joint d'étanchéité 332 type joint en V. Dans cette configuration, le dispositif de mesure de l'angle de rotation 310 comprend une douille de serrage 312 avec un ressort 313, un tube en Téflon® 311 et, éventuellement un anneau antidérapant 314,  
15 pour mesurer la rotation différentielle entre la douille et l'élément d'implantation 331.

Enfin, la figure 8 montre le serrage d'un raccord à portée conique formé de deux pièces de tubulure 430 et 431 assemblées par une bague écrou 432. Dans cet exemple d'application de la clé selon l'invention, le  
20 dispositif de mesure de l'angle 410 toujours formé d'une douille de serrage 412, d'un ressort 413, d'un tube 411 et d'un anneau antidérapant 414, mesure la rotation différentielle entre la douille et une contre-clé de serrage 414 utilisée pour maintenir en position la pièce de tubulures 431.

L'opération de serrage décrite plus haut dans le cas particulier du  
25 serrage à l'effort de boulons peut aisément se généraliser aux autres configurations décrites en relation avec les figures 6 à 8. Pour ce faire, il suffit pour cela d'adapter le paramètre longueur  $L$  à chacune de ces configurations. Comme illustré sur les figures 2, 6 et 7, le paramètre  $L$  représente la longueur de la partie de l'élément fileté qui n'est pas en

coopération vis/écrou, l'écrou pouvant être une pièce comme sur la figure 6.

Les schémas de principe décrits précédemment pour les différentes configurations possibles de serrage font appel à des systèmes de mesure de l'angle de rotation utilisant des ressorts. D'autres moyens sont possibles, comme par exemple une mesure optique qui remplace à la fois le ressort et la douille d'appui.

La clé de serrage et ses moyens de mesure et de contrôle peuvent être également utilisés pour d'autres méthodes de serrage telles que le serrage au couple, à l'angle, au couple puis à l'angle (ou inversement), au couple avec contrôle de l'angle (ou inversement).

Dans le cas du serrage au couple, le serrage s'effectue de la même façon qu'avec une clé électronique conventionnelle. Il suffit d'introduire sur la clé le couple visé  $C_{consigne}$  (figure 1) puis de serrer jusqu'à ce qu'un signal sonore et/ou lumineux annonce l'obtention du couple imposé. L'instrumentation spécifique des douilles n'est pas utilisée dans ce type de serrage. Dans le cas du serrage à l'angle, le serrage s'effectue suivant le même principe que celui du serrage au couple. Il suffit d'indiquer sur la clé l'angle de serrage visé  $\theta_{consigne}$  puis de serrer jusqu'à ce qu'un signal sonore et/ou lumineux annonce l'obtention de l'angle de serrage imposé.

Dans le cas de serrage au couple puis à l'angle (ou inversement), il faut appliquer successivement les procédures ci-dessus relatives au serrage au couple puis au serrage à l'angle (ou inversement). Dans le cas de serrage au couple avec contrôle de l'angle (ou inversement), ce nouveau type de clé permet de vérifier l'angle de rotation de l'élément fileté après application du couple de serrage spécifié. L'inverse est également possible: serrage à l'angle jusqu'à une valeur imposée, puis contrôle du couple. Dans tous les cas, la valeur de l'effort de traction  $F$  résultant est disponible en fin de serrage ce qui permet de contrôler la qualité de ce dernier.

Quelle que soit l'utilisation faite de ce nouveau type de clé, le coefficient de frottement déterminé lors du serrage est fourni, ce qui constitue une information supplémentaire quant à la qualité du serrage effectué.

### REVENDEICATIONS

1. Clé de serrage (100) comprenant une tête (101) apte à coopérer avec un élément de visserie (122), un moyen de mesure instantané (2) du couple appliqué, une tête apte à coopérer avec un élément de visserie, ladite tête étant équipée d'un moyen de mesure instantané (3) de l'angle de rotation, et des moyens d'entrée (4) pour enregistrer des caractéristiques de l'élément de visserie ainsi qu'une valeur de consigne pour le serrage, caractérisée en ce que ladite clé comprend en outre des moyens de traitement (1) pour calculer l'effort instantané de traction sur l'élément de visserie en fonction des valeurs instantanées mesurées du couple et de l'angle ainsi que des caractéristiques de l'élément de visserie enregistrées.

2. Clé de serrage selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens de traitements calculent l'effort instantané en temps réel afin d'effectuer le serrage de l'élément de visserie en une seule étape.

3. Clé de serrage selon la revendication 1 ou 2, caractérisée en ce que les moyens de traitement (1) comprennent en outre des moyens logiciels pour calculer le coefficient de frottement instantané de l'élément de visserie.

4. Clé de serrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que les moyens de traitement (1) comprennent en outre des moyens logiciels pour détecter automatiquement, au cours de l'opération de serrage, le passage du domaine élastique au domaine plastique et pour calculer l'effort instantané de traction sur la visserie en fonction du résultat de la détection du domaine de serrage.



5. Clé de serrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisée en ce que le moyen de mesure instantané de l'angle de rotation comprend une douille (112) apte à coopérer avec l'élément de visserie, un élément d'appui (111) formé d'un matériau à faible coefficient de frottement et un ressort (113) interposé entre la douille et l'élément d'appui, l'extrémité de l'élément d'appui destinée à être en contact avec l'élément de visserie étant munie d'un élément à fort coefficient de frottement (114).
- 10 6. Clé de serrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisée en ce que les moyens de traitement (1) comprennent des moyens logiciels pour reprendre un serrage interrompu avant l'atteinte de la valeur de consigne.
- 15 7. Clé de serrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisée en ce qu'elle comprend en outre des moyens de stockage et un dispositif d'affichage (5) pour mémoriser et indiquer des informations relatives au serrage.
- 20 8. Clé de serrage selon la revendication 7, caractérisée en ce que les informations relatives au serrage comprennent notamment les valeurs du couple et de l'angle de rotation mesurées pendant le serrage, l'effort de traction calculé pendant le serrage, les coefficients de frottement statique et dynamique calculés pendant le serrage, ainsi que le domaine
- 25 du serrage.
9. Clé de serrage selon la revendication 7, caractérisée en ce que les informations relatives au serrage comprennent l'évolution du coefficient de frottement calculé en fonction de la vitesse et du temps.

10. Clé de serrage selon la revendication 7, caractérisée en ce que les informations relatives au serrage comprennent la différence calculée entre le coefficient de frottement statique et dynamique.

5 11. Clé de serrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que la valeur de consigne correspond à un effort de traction prédéterminé et que le dispositif comprend des moyens d'avertissement commandés par les moyens de traitement lorsque la valeur de l'effort calculée atteint la valeur de consigne.

10

12. Clé de serrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que la valeur de consigne correspond à un couple de serrage prédéterminé et que le dispositif comprend des moyens d'avertissement commandés par les moyens de traitement lorsque la  
15 valeur de couple mesurée atteint la valeur de consigne.

13. Clé de serrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que la valeur de consigne correspond à un angle de serrage prédéterminé et que le dispositif comprend des moyens  
20 d'avertissement commandés par les moyens de traitement lorsque la valeur d'angle de rotation mesurée atteint la valeur de consigne.

14. Clé de serrage selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisée en ce que ladite clé est une clé de serrage manuelle, le  
25 moyen de mesure instantané (2) du couple appliqué, les moyens d'entrée (4) et les moyens de traitement (1) étant compris dans un manche (102) pour permettre à un opérateur d'effectuer le serrage manuellement.

1/5

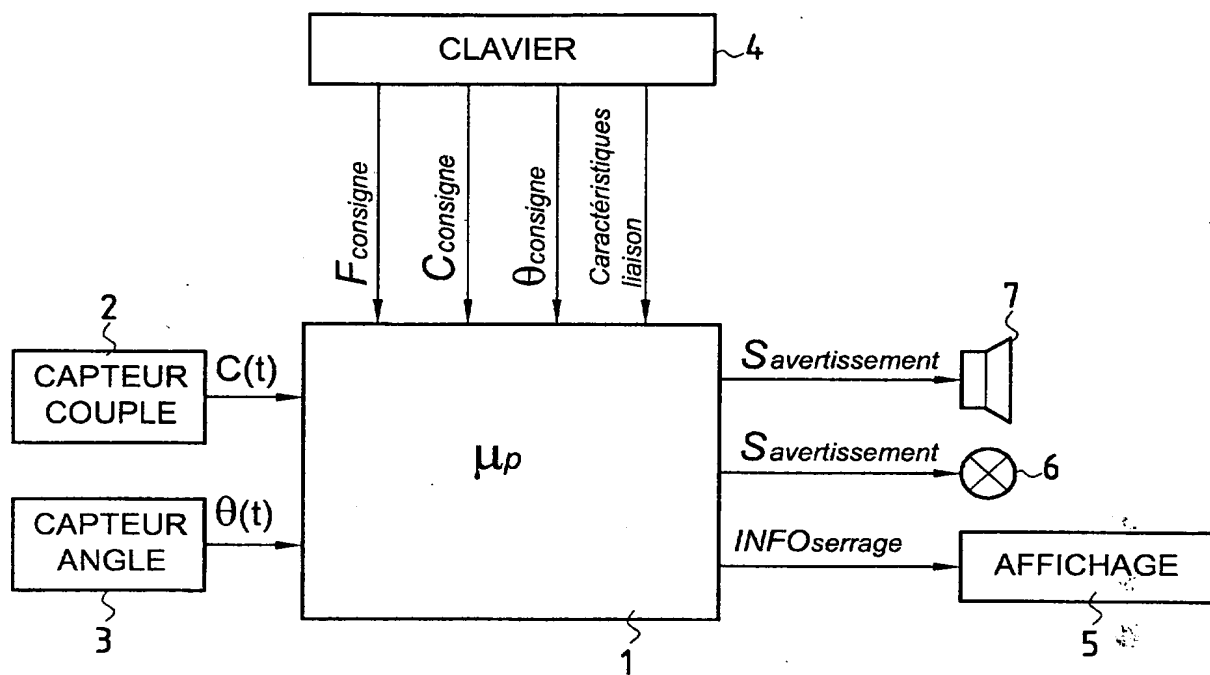


FIG.1

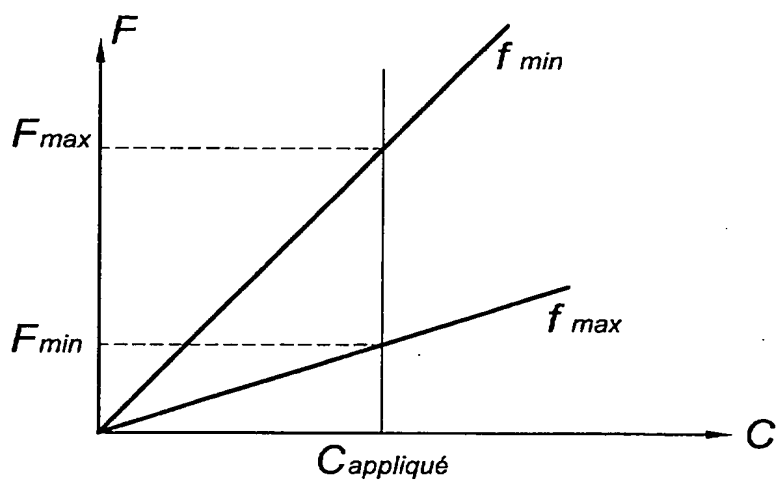
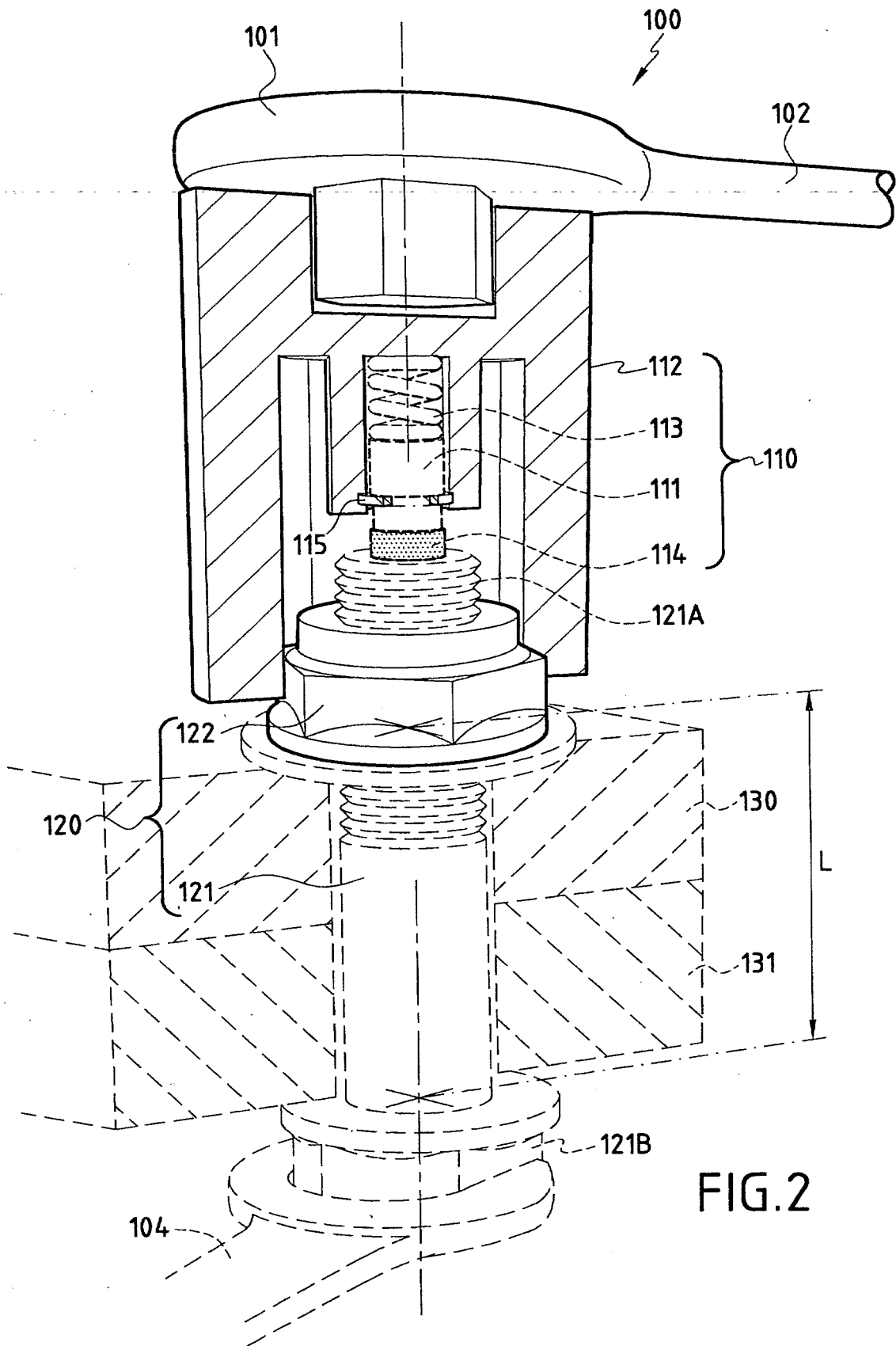
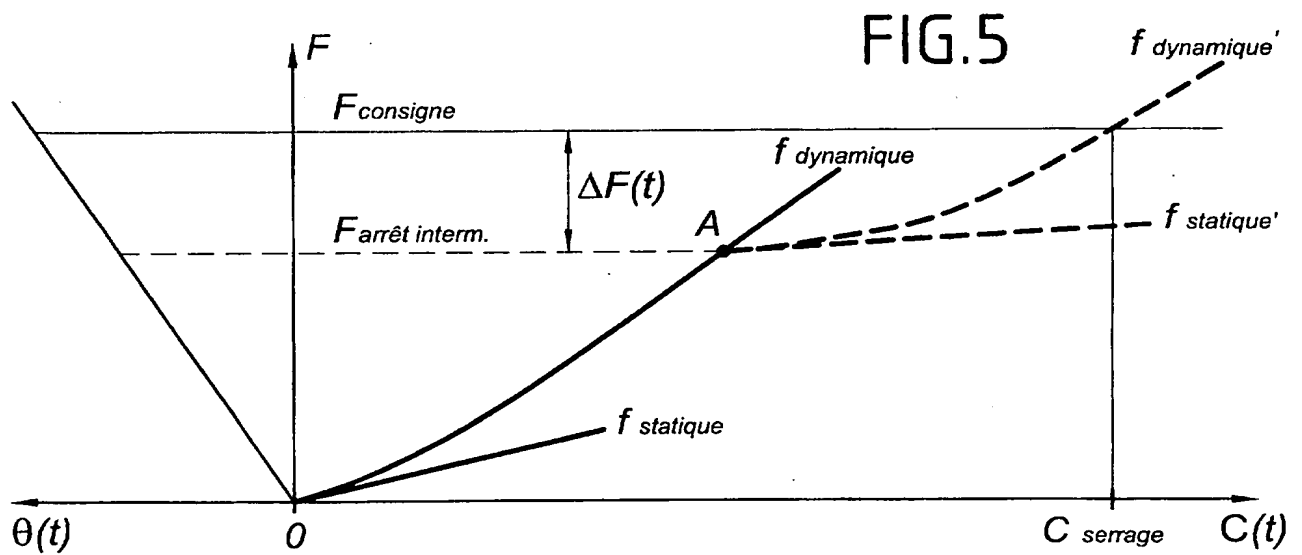
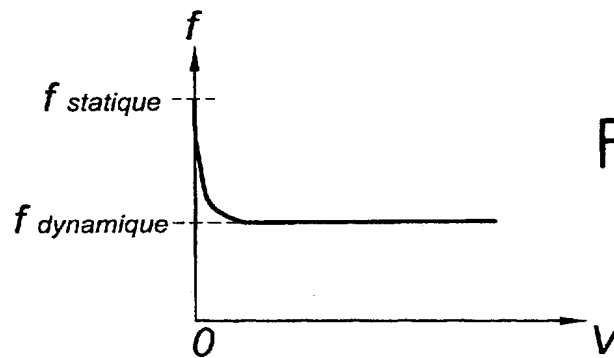
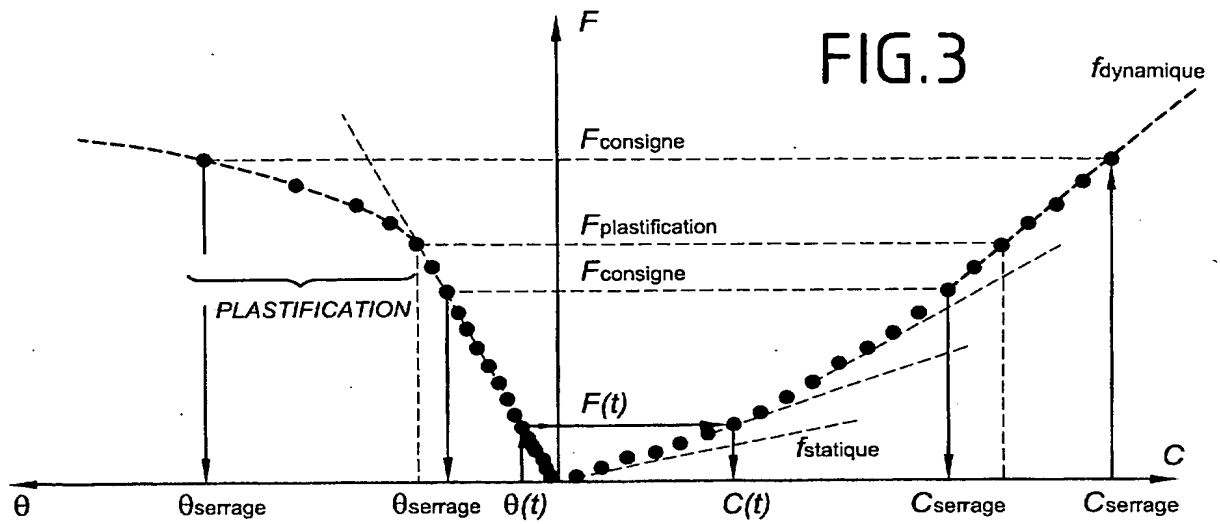


FIG.9

2/5



3/5



4/5

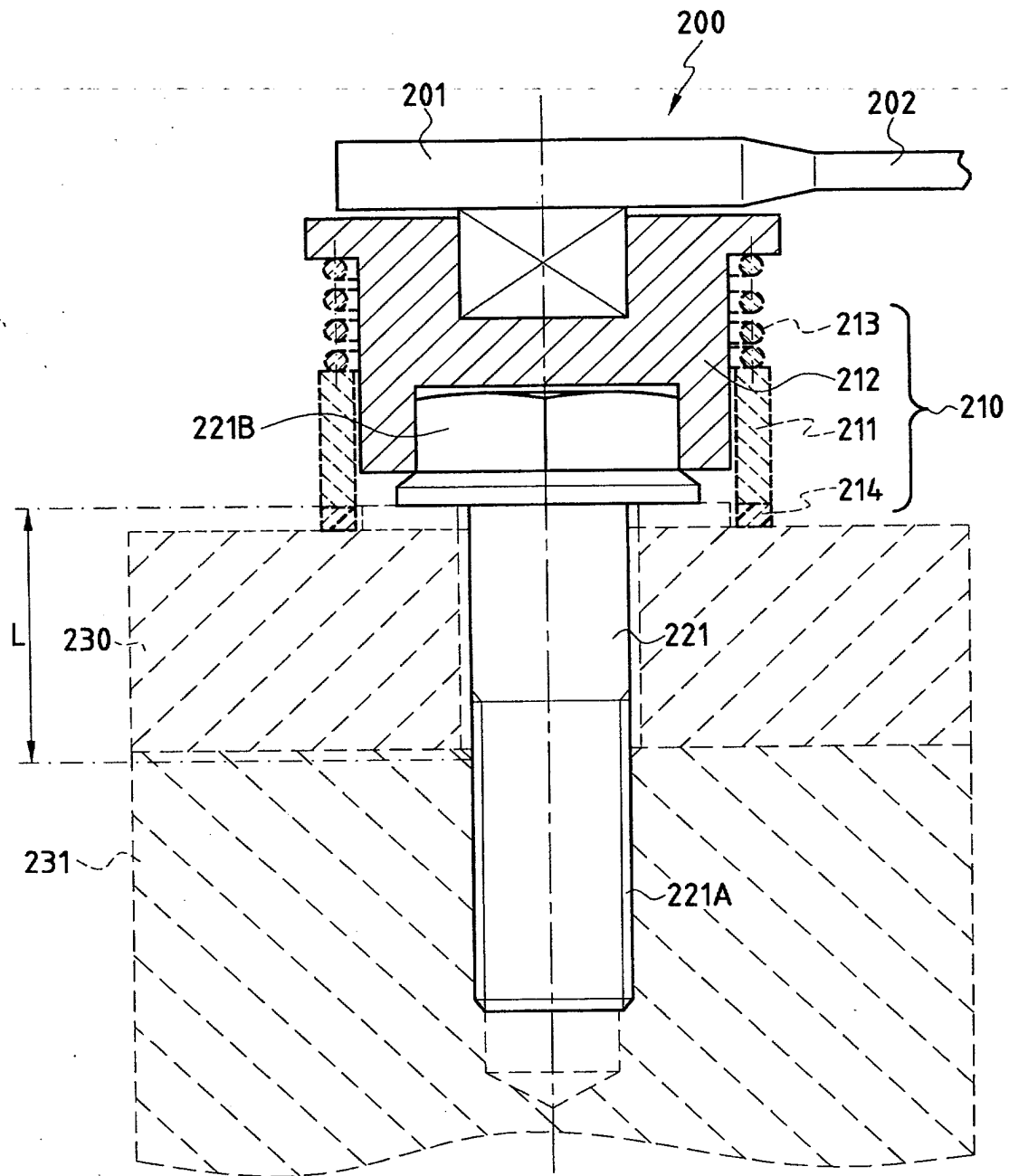
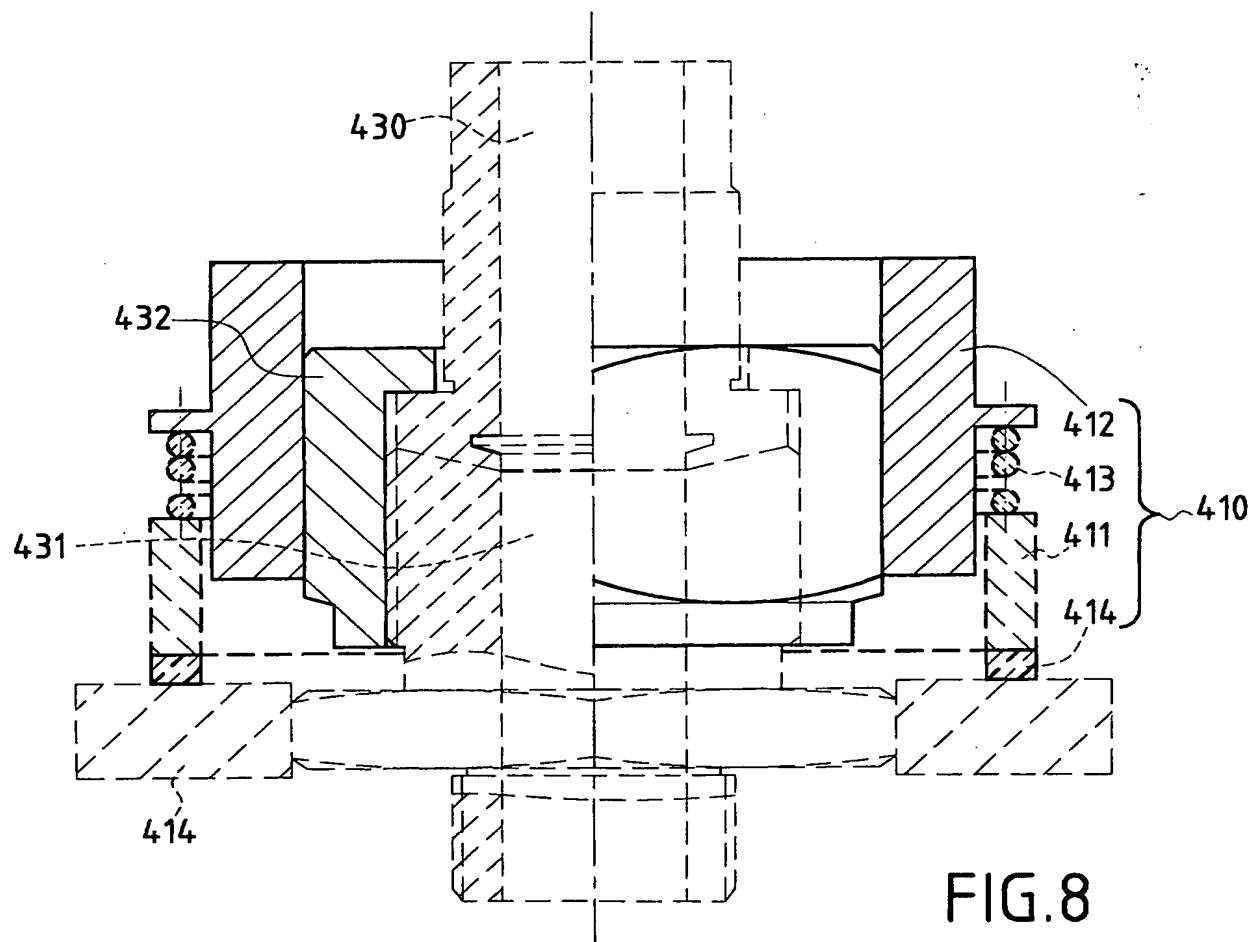
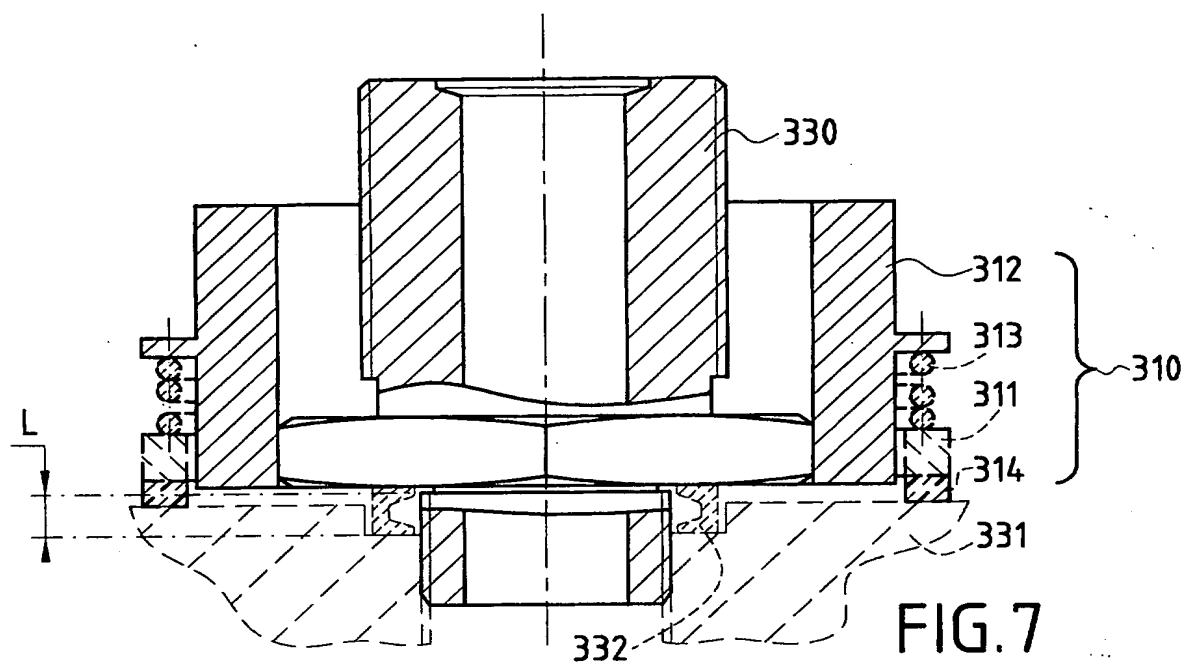


FIG. 6

5/5





## BREVET D'INVENTION

## CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1 / 2  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04. Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 300301

Vos références pour ce dossier (facultatif)		1H116850/659.JBT
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0303695
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		
Clé à serrage contrôlé		
LE(S) DEMANDEUR(S) :		
SNECMA MOTEURS		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		PYRE
Prénoms		Alain
Adresse	Rue	1, rue des Sittelles
	Code postal et ville	12171950 SAINT-JUST, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		FRECHON
Prénoms		Gilles
Adresse	Rue	13, chemin de la mare Aubé
	Code postal et ville	12171120 VAL DAVID, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		COUDRIER
Prénoms		Pascal
Adresse	Rue	26, rue du Puits
	Code postal et ville	12171730 BUEIL, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		CABINET BEAU DE LOMENIE Jean-Bruno THEVENET CPI N° 92-1236 



**BREVET D'INVENTION****CERTIFICAT D'UTILITÉ**

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11235\*02

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 33 (1) 53 04 53 04 Télécopie : 33 (1) 42 94 86 54

**DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S)** Page N° 2 . / . 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)



Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 300301

<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif)		1H116850/659.JBT
<b>N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL</b>		0303695
<b>TITRE DE L'INVENTION</b> (200 caractères ou espaces maximum)		
Clé à serrage contrôlé		
<b>LE(S) DEMANDEUR(S) :</b>		
SNECMA MOTEURS		
<b>DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) :</b> (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).		
Nom		GUILLEMIN
Prénoms		Ange-Marie
Adresse	Rue	5, résidence L'Herbaudière
	Code postal et ville	121712100 VERNON, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		ROURE
Prénoms		Christian
Adresse	Rue	34 bis, rue Edouard RUY
	Code postal et ville	121712100 VERNON, FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)		
Nom		
Prénoms		
Adresse	Rue	
	Code postal et ville	
Société d'appartenance (facultatif)		
<b>DATE ET SIGNATURE(S)</b> <b>DU (DES) DEMANDEUR(S)</b> <b>OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)		CABINET BEAU DE LOMENIE Jean-Bruno THEVENET CPI N° 92-1236 

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**